

Высокая эффективность парогазовых установок обеспечена благодаря целому ряду прорывных достижений в области материаловедения, металлургии, гидрогазодинамики и теплообмена. Они по праву занимают свое место в авангарде технологий производства электроэнергии и продолжают совершенствоваться.

#### Список литературы

1. Ashok D. Rao Combined cycle systems for near zero emission power generation. New Delhi : Woodhead Publishing, 2012.
2. Siemens Fossil Power Generation [Электронный ресурс]. URL: <http://www.energy.siemens.com/hq/en/fossil-power-generation/> (дата обращения: 29.11.2014).
3. General Electric [Электронный ресурс]. URL: <http://www.ge-energy.com> (дата обращения: 29.11.2014).
4. Mitsubishi Heavy Industries [Электронный ресурс]. URL: <https://www.mhi-global.com> (дата обращения: 29.11.2014).
5. CCGT: Breaking the 60 per cent efficiency barrier // Power Engineering International. 2010. Vol. 18 [Электронный ресурс]. URL: <http://www.powerengineeringint.com/articles/print/volume-18/issue-3/features/ccgt-breaking-the-60-per-cent-efficiency-barrier.html> (дата обращения: 29.11.2014).
6. Ashok D. Rao, David J. Francuz // Applied Energy. 2013. Vol. 102. P. 1178–1186.
7. Сочинская ТЭС [Электронный ресурс]. URL: <http://irao-generation.ru/stations/sochig/> (дата обращения: 29.11.2014).
8. Челябинская ТЭЦ-3 [Электронный ресурс]. URL: <http://www.fortum.com/countries/ru/about/investment/chel-cps/pages/default.aspx> (дата обращения: 29.11.2014).

УДК 621.313

Тихонова О. В., Малыгин И. В., Пластун А. Т.  
Уральский федеральный университет

### **НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПАКЕТА «ANSYS MAXWELL» ДЛЯ РАСЧЕТА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН**

В настоящее время при выполнении студентами курсового и дипломного проектирования существует огромный выбор различных прикладных программ, с помощью которых можно осуществлять моделирование электрических машин, а также их электромагнитные, тепловые и механические расчеты. Среди таких пакетов можно выделить «MathLab», «LCad», «ANSYS». Стоит отметить, что у прикладного пакета «ANSYS» существует несколько видов различных приложений, направленных на определенный анализ: механический, электромагнитный, вентиляционный и т.п. Продукт «ANSYS Maxwell» является пакетом, адаптированным для электромагнитного расчета электрических машин, позволяющим анализировать различные виды двигателей и генераторов классического исполнения в режимах 2D и 3D.

«ANSYS Maxwell» содержит приложение RMXprt, которое дает возможность пользователю провести первичный расчет машины. В своей базе RMXprt

имеет около 13 видов встроенных машин: это синхронные и асинхронные двигатели и генераторы классической конструкции, а также машины постоянного тока. Задавая геометрические параметры какой-либо машины классического исполнения, можно получить ее электрические данные, рабочие и пусковые характеристики. В то же время асинхронного двигателя с двумя короткозамкнутыми клетками в списке RMXprt нет, т.е. данное приложение не имеет возможности просчитать подобную конструкцию.

«ANSYS Maxwell» имеет также режимы расчета 2D и 3D, где реализована возможность самостоятельно прорисовать геометрию, используя геометрические примитивы пакета. Можно прорисовать конструкцию в программах «Компас3D» или «AutoCad», а затем конвертировать ее «ANSYS Maxwell», но при этом может возникнуть так называемая проблема «преобразования линий», так как «Maxwell» требует, чтобы в геометрии использовалась полилиния, т.е. линия, не имеющая разрывов. В связи с этим рекомендуется использовать графику, имеющуюся в пакете «ANSYS Maxwell».

Следующей особенностью при использовании данного программного пакета является задание граничных условий и источников возбуждения. Необходимо правильно задать граничные условия – допущения, задаваемые и принимаемые при расчете. Во-первых, следует указать, что поле существует только в самой машине, а все, что находится вокруг машины, – окружающая среда, в которой поле не распространяется. Для этого существует граничное условие «векторный потенциал». На границе машины поле следует обнулить. Во-вторых, необходимо указать длину машины, а также определить, целиком ли будет считаться машина или частично. Если машина симметрична, то существует возможность упростить расчет, «разрезав» геометрию, а в граничных условиях указать симметрию.

Также существует проблема «открытых границ», с которой расчетчик может столкнуться при вычислении индуктивности катушки в режиме 3D. Рассчитывая модель в программе «ANSYS Maxwell», необходимо вокруг модели создать внешнюю область, размеры которой должны быть равны 4–5 радиусам рассчитываемого объекта. Допустим, что рассчитывается индуктивность катушки. Учтем, что катушка – это источник поля, для создания которого нужно пространство. Ограничивая это пространство, мы ограничиваем индуктивность, так как программа автоматически обнуляет поле на границе области, и как следствие, индуктивность определяется неверно. В режиме 2D необходимо задать граничное условие «Balloon», которое программа понимает как бесконечно большое пространство вокруг модели. В режиме 3D следует задать область вручную в виде параллелепипеда, окружающего модель. При этом границы параллелепипеда следует увеличивать до тех пор, пока расчетное значение индуктивности не перестанет меняться более чем на 5 %.

В качестве источников возбуждения при моделировании обычно берутся катушки обмотки статора и обмотки возбуждения. Трудности возникают при задании короткозамкнутых клеток роторов асинхронных двигателей. Короткозамкнутые стержни необходимо представить в виде параллельных проводников, сходящихся в одной точке. «ANSYS Maxwell» предлагает пользователю

источник «End Connection», но доступен он только в режиме расчета «Движение», а в статических режимах не предусматривается. Кроме того, в режиме 2D нет возможности просмотра и определения тока в стержне. Имеется возможность определения лишь тока в кольце.

Еще одной немаловажной проблемой является построение сетки программой. Как известно, расчет в «ANSYS Maxwell» основан на методе конечных элементов, т.е. программа сначала строит параметрическую сетку, а затем, используя значения параметров в сеточных узлах, производит расчет. Если между элементами модели существует слишком малый конструктивный зазор, но вы хотите этот зазор учесть при магнитном расчете поля, то построение сетки целесообразно выполнять вручную. Поэтому, если это не принципиально, то для уменьшения временных затрат на расчет целесообразно такие зазоры не учитывать.

Прикладной пакет «ANSYS Maxwell» позволяет пользователю, с одной стороны, автоматизировать задачи при проектировании электромагнитных и электромеханических преобразователей энергии, расчеты сделать более наглядными и понятными, но, с другой стороны, существуют особенности, возникающие при применении указанного пакета. Связаны эти проблемы как с заданием геометрии магнитной цепи, граничных условий и источников магнитодвижущих сил, так и с построением сетки и выводом результатов расчета.

#### Список литературы

1. Тихонова О. В. О целесообразности введения прикладного пакета «ANSYS Maxwell» в учебную программу для бакавров // Электроэнергетика глазами молодежи. Науч. тр. V Междунар. техн. конф, г. Томск, 10–14 ноября 2014 г. Томск : Томский политех. ун-т, 2014. Т. 2. С. 599–603.

УДК 620.9

Ткачев В. К., Трубицын К. В., Елфимов С. В.  
Самарский государственный технический университет  
tef-samgtu@yandex.ru

## **КАДРОВЫЙ РЕЗЕРВ ДЛЯ ИННОВАЦИОННО АКТИВНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ ЭНЕРГЕТИКИ**

В настоящее время Правительство РФ проводит политику создания Российской модели инновационной экономики. Для этого федеральными и региональными правительствами создаются особые экономические зоны (ОЭЗ), проводится политика повышения инвестиционного климата, создаются благоприятные условия для бизнеса, фонды венчурных инвестиций и финансирования инновационных проектов. Однако на данный момент высшие должностные лица на всех уровнях отмечают малую эффективность принятых мер.